

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE PERCOLADO DO ATERRO DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE BOA VISTA POR MEIO DE METODOLOGIAS EMPÍRICAS

* Adriano Frutuoso da Silva ¹
Flaider Alves Pimentel ¹
Joaquim Araújo Costa Neto ¹
Silvestre Lopes da Nóbrega ¹
Andressa dos Santos Pereira ²

ESTIMATION OF PERCOLATE PRODUCTION FROM THE BOA VISTA SOLID WASTE DISPOSAL EMBANKMENT USING EMPIRICAL METHODOLOGIES

Recibido el 23 de noviembre de 2019; Aceptado el 7 de mayo de 2020

Abstract

This work aims to estimate, using the Swiss, Rational and Water Balance empirical methods, the percolate production of the Boa Vista / RR solid waste disposal area, considering the climatic data of the region corresponding to a historical series of 35 years (1980 - 2015). For this reason, the BHídrico GD 4.0-2004 electronic spreadsheet was used to calculate the climatological water balance and to determine the evapotranspiration that was used to estimate the percolate production. The results indicated, for the rational methods and water balance percolate, a generation only in the months of water surplus, with very expressive values. However, for the Swiss method, the percolate production was observed throughout the year. These results are very important, considering that the landfill, object of this study, does not have a percolate treatment system or adequate base coating, besides it has been located about 150 m from the Wai Grande Stream.

Keywords: solid waste, water balance, lixivate.

¹ Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Roraima, Brasil.

² Programa de Mestrado Profissional em Gestão e Regulação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Roraima, Brasil.

* *Autor correspondente:* Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Roraima. Av. Cap. Ene Garcês, nº 2413, Bairro Aeroporto, Boa Vista, Roraima, CEP 69310-000. Brasil. Email adriano.silva@ufr.br

Resumo

Este trabalho tem como objetivo estimar, através dos métodos empíricos Suíço, Racional e Balanço Hídrico, a produção de percolado do aterro de disposição de resíduos sólidos de Boa Vista/RR, considerando os dados climatológicos da região, correspondente a uma série histórica de 35 anos (1980 - 2015). Para tanto, foi utilizada a planilha eletrônica BHídrico GD 4.0-2004, para o cálculo do balanço hídrico climatológico e determinação da evapotranspiração que foi utilizada na estimativa da produção do percolado. Os resultados indicaram, para os métodos racional e balanço hídrico, geração de percolado apenas nos meses de excedente hídrico, com valores bastante expressivos. Já para o método suíço a produção de percolado foi observada ao longo de todo o ano. Esses resultados são bastante importantes, tendo em vista que o aterro, objeto deste estudo, não dispõe de sistema de tratamento de percolado nem de revestimento de base adequado, além de estar situado cerca de 150 m do Igarapé Wai Grande.

Palavras chave: resíduos sólidos, balanço hídrico, lixiviado.

Introdução

Diariamente, toneladas de resíduos sólidos são produzidos em todo o mundo, no entanto, apenas uma parcela é disposta de maneira adequada. Essa realidade ocasiona impactos negativos nas características do meio ambiente e na sociedade.

Em decorrência de processos de decomposição dos resíduos, ocorre a produção de lixiviado (percolado) e de gases que devem ser coletados e transportados para o devido tratamento antes de seu lançamento no meio ambiente para não provocar grandes danos devido ao seu alto teor de poluição.

Para minimizar esses impactos, pesquisas e técnicas têm sido desenvolvidas para assegurar a destinação correta destes resíduos, sendo que o aterro sanitário é a alternativa que melhor atende aos padrões de destino final, desde que sua concepção e operação sejam adequadas.

Conforme a Norma NBR 8419/1992 da ABNT o aterro sanitário é uma técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente, minimizando os impactos ambientais. Além disso, o método utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada trabalho, ou intervalos menores, se necessário.

Neste contexto, para o bom desempenho do aterro sanitário é necessário estabelecer um sistema de coleta e tratamento destes efluentes, assim a quantidade estimada de percolado gerado é essencial para o dimensionamento desses sistemas.

A quantidade dos líquidos percolados é determinada através de vários métodos baseados em formulações empíricas, entre os quais: método Suíço, método Racional e método do Balanço Hídrico. Os métodos computacionais também são utilizados para este fim, dentre os quais se destacam os modelos Help (Hidrologic Evaluation of Landfill Performance) e o UNSAT-H (Unsaturated Water and heat Flow), os quais bastante utilizados nos EUA.

Em vista do exposto, esta pesquisa apresenta um estudo visando à quantificação dos líquidos percolados de um aterro sanitário a partir do uso dos métodos empíricos: Suíço, Racional e do Balanço Hídrico, sob as condições brasileiras no cálculo do comportamento hídrico de aterros sanitários, tendo por base o aterro sanitário do município de Boa Vista, capital do Estado de Roraima, região norte do Brasil.

Método racional

De acordo com Tucci (2004), este método é muito utilizado na estimativa da vazão máxima de projeto para bacias pequenas (com até 2.00 km²), seguindo alguns princípios básicos, como a consideração da duração da precipitação intensa de projeto igual ao tempo de concentração, que é adotado um coeficiente único de perdas, que é estimado com base as características da bacia, dada a seção de estudo.

A equação (1) apresenta o cálculo da vazão superficial por este método, que se baseia em três parâmetros: área da bacia de contribuição, intensidade e duração das precipitações e o coeficiente de escoamento, conforme abaixo.

$$Q_{max} = C . i . A$$

Equação (1)

Em que:

Q_{max} = Vazão do percolado (L/s);

C = coeficiente de escoamento superficial, adimensional;

i = intensidade média de precipitação (mm);

A = área de contribuição.

Segundo Lins e Jucá (2003), para se obter a parcela da precipitação que infiltra, deve-se subtrair o volume total precipitado sobre a área do aterro, do volume escoado, que é obtido pelo método racional, dentro do mesmo intervalo de tempo, onde deve-se também subtrair a parcela de água devida à evapotranspiração. A parcela de precipitação que é infiltrada é obtida a partir da equação (2):

$$Q = \frac{[(P-ES)-EP]}{t} \times A$$

Equação (2)

Em que:

Q = vazão do percolado;

ES = escoamento superficial (mm);

P = precipitação média mensal (mm);

EP = evaporação potencial (mm);

A = área de contribuição.

Método Suíço

Consiste de um modelo simples de previsão da vazão média de um líquido percolado, semelhante ao Método Racional, entretanto não considera os efeitos da evaporação potencial. Este método considera como componentes principais para estimativa da produção de percolado: a precipitação sobre o aterro e o grau de compactação dos resíduos dispostos no aterro. O tipo de solo de cobertura, a declividade da superfície da camada e a variação pluviométrica durante o ano não são consideradas.

De acordo com Orth (1981), o cálculo da vazão média de percolado pode ser expresso pela equação (3), que depende da precipitação média, da área de contribuição, do tempo e do grau de compactação do resíduo.

$$Q = \frac{P.A.K}{t}$$

Equação (3)

Em que:

Q = vazão média do percolado (l/s);

P = precipitação média mensal (mm);

A = área total do aterro (m²);

t = número de segundos em um mês;

K = Coeficiente que depende do grau de compactação do resíduo.

Método do Balanço Hídrico

De acordo com Lins e Jucá (2003) o método do balanço hídrico permite estimar o percolado baseado em um fluxo unidimensional, na conservação de massa, além das características de transmissão e retenção da cobertura do solo e do resíduo no aterro. É um método mais consistente que o Método Suíço, pois considera em sua formulação, além da precipitação, a evapotranspiração, o escoamento superficial e a capacidade de armazenamento de água no solo.

Além da evapotranspiração potencial, o método propicia a estimativa da evapotranspiração real, excedente hídrico, deficiência hídrica e as fases de reposição e retirada de água no solo. O balanço hídrico é dado pela equação (4). Esta equação considera a precipitação, o escoamento superficial, armazenamento de água no solo e a evapotranspiração.

$$PER = P - ES - \Delta AS - ER$$

Equação (4)

Em que:

- PER = volume de lixiviado, valores médios e mensais;
- P = índice de precipitação pluviométrica, valores mensais;
- ES = escoamento superficial;
- ΔAS = troca de armazenamento de água no solo;
- ER = evapotranspiração.

Metodologia

Caracterização da área de estudo

O aterro, objeto de estudo, corresponde ao principal aterro de disposição de resíduos sólidos do Estado de Roraima, norte do Brasil, onde são dispostos os resíduos do município de Boa Vista. A cidade tem uma área total de 5687,064 quilômetros quadrados, equivalente a 1.25% da superfície do Estado. Sua população, de acordo com o censo demográfico de 2016, é de 326,414 habitantes (IBGE, 2016).

O aterro é situado km 494 da BR-174, a 1 km da zona urbana, com área de cerca de 46 ha e está inserido na microbacia do Igarapé Wai Grande, região com maior índice pluviométrico, sendo assim uma região mais úmida que o perímetro urbano o que de certa forma é desfavorável, haja vista que a produção de lixiviado é diretamente proporcional à precipitação. A hidrografia da região mostra que a célula principal do aterro está situada a apenas 150 m, aproximadamente, do Igarapé Wai Grande, e esta realidade já foi apontada fator que influencia nos impactos ambientais sobre igarapé, de acordo com Falcão et al. (2012). A Figura 1 apresenta um mapa de localização do aterro.

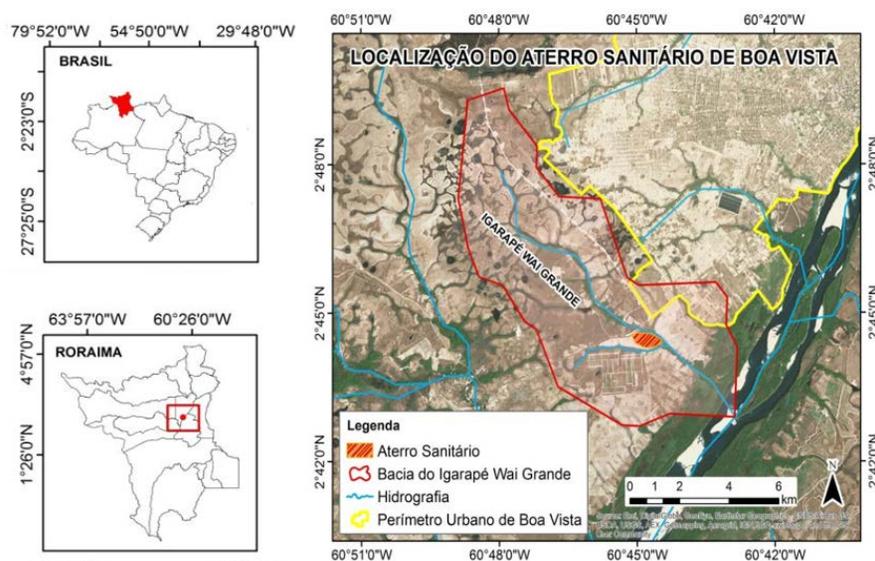


Figura 1. Localização do aterro de disposição de resíduos sólidos, Boa Vista/RR.

A região tem um clima quente e úmido, com duas estações bem definidas (chuvosa e estiagem). Registros de uma série hidrológica de 35 anos, na região do aterro de Boa Vista, indicam ocorrência de precipitação ao longo do ano, observando que o período chuvoso compreende entre abril a agosto, com as maiores médias nos meses de maio e junho, com a precipitação de 310 e 313.08 milímetros de chuva, respectivamente. A estiagem ocorre entre setembro a março, com média de 63.70 mm mensais, sendo os meses de menor precipitação janeiro e fevereiro com 48.80 mm mensais. Apresenta temperaturas médias anuais com máxima de 32.20°C, e mínimas de 22.30°C, com umidade relativa anual de 74.90% e tempo de insolação de 1896 horas.

Geologicamente o aterro sanitário está situado na Formação Boa Vista; geomorfologicamente trata-se de uma superfície pediplanada de relevo plano; pedologicamente o solo da área é formado por Latossolos Amarelos, textura arenosa (Souza e Andrade, 2018).

Geotécnicamente, o subsolo da área do aterro é constituído por uma camada de solo areno-argiloso até a profundidade média de 2.00 m, seguido por um de solo argilo-siltoso de baixa compressibilidade até a profundidade de 5.00 m, abaixo deste, o solo se caracteriza como argilo-siltoso com concreções lateríticas, como ilustrado na Figura 2. O perfil foi obtido por sondagem a trado. Com permeabilidade in situ de 8×10^{-4} cm/s com circulação de água, e de 7×10^{-5} cm/s com circulação de lixiviado.

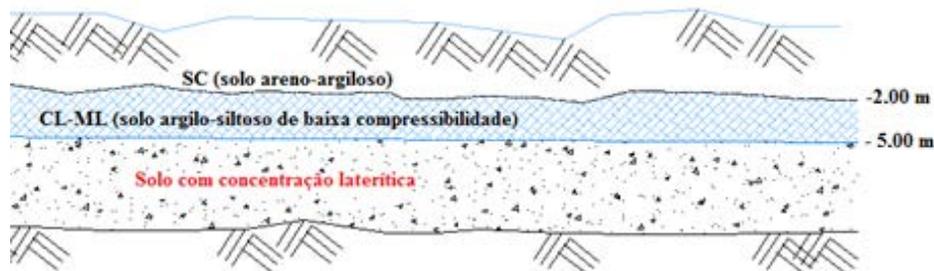


Figura 2. Perfil geotécnico do subsolo do aterro sanitário de Boa Vista/RR.

Descrição do aterro e dos resíduos

A concepção original do aterro sanitário de Boa Vista/RR previa um aterro constituído por 13 células de disposição de resíduos (100.00 m x 15.00 m), com capacidade de 129.542 toneladas/célula e vida útil de 20 anos, com revestimento de base com manta PEAD, cobertura, drenagem e tratamento de lixiviado (Falcão et al., 2012). Atualmente, caracteriza-se como um aterro controlado, com cobertura diária de solo, mas com falhas nos sistemas de disposição dos resíduos, cobertura e revestimento de base e sem tratamento de lixiviado conforme ilustrado na

Figura 3, além da presença de catadores vivendo em condições insalubres, de acordo com Assis Brasil *et al.* (2019). Um estudo geofísico (Souza e Andrade, 2018) apresentou que o aterro de Boa Vista apresenta indícios de contaminação que podem ultrapassar os 24 metros de profundidade.



Figura 3. Falhas observadas no aterro sanitário de Boa Vista/RR.

Segundo Scacabarossi e Périco (2014), cada habitante de Boa Vista produz aproximadamente 1.60 quilos de resíduo por dia, isso equivale a 522 toneladas diárias. A composição gravimétrica típica dos RSUs gerados em Boa Vista é similar à da maioria das cidades brasileira, com predominância de resíduo orgânico, seguido por papel, plástico, latas, vidro e outros, como ilustrado na Figura 4. Com peso específico de 2.90 kN/m³.

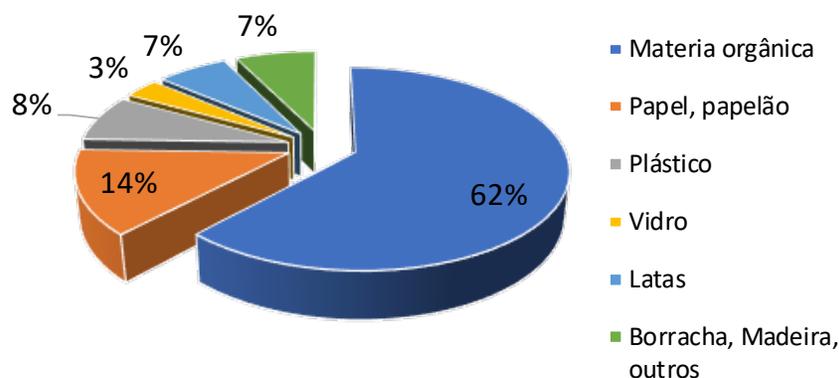


Figura 4. Composição gravimétrica dos resíduos sólidos de Boa Vista/RR. Fonte: Scacabarossi e Périco (2014).

Métodos

Este trabalho foi desenvolvido através de uma sequência de atividades, com metodologia similar à de Silva *et al.* (2015), organizadas conforme mostrado na Figura 5 e descrita a seguir.

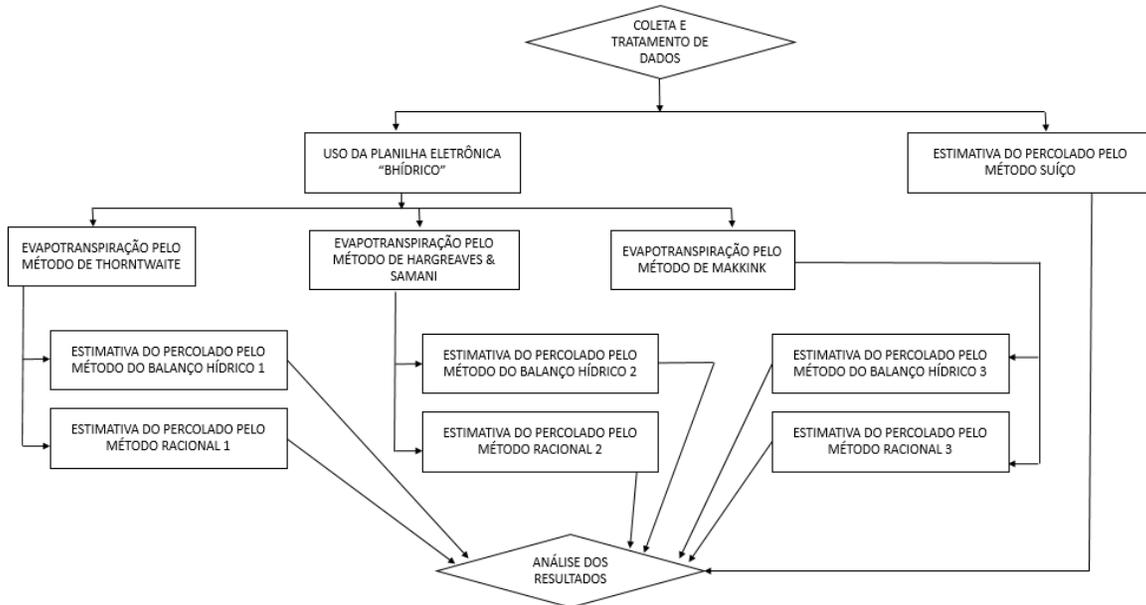


Figura 5. Fluxograma dos procedimentos para obtenção dos resultados.

Inicialmente, foi realizada a coleta de dados climatológicos de uma estação da cidade de Boa Vista, compatível com o local do aterro, obtendo-se uma base de dados de normas climatológicas aplicável. A série tem abrangência de um período de 35 anos (1980 - 2015) obtida empregando dados disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA), assim como Ribeiro *et al.*, (2019). Após a coleta, a base de dados passou por um tratamento, que consistia na análise de relatórios de precipitação, temperatura (máxima, média e mínima), identificando os parâmetros que seriam necessários e estariam disponíveis, dependendo de cada método utilizado para estimar a produção de percolado.

Posteriormente, a produção de percolado foi estimada pelo método suíço, e paralelamente foi realizado o balanço hídrico climático com o uso da planilha eletrônica BHídrico, obtendo-se os dados de evapotranspiração, e determinado a produção de percolado pelos métodos do Balaço Hídrico e Racional.

A planilha BHídrico é um programa de computador desenvolvido por D'Angiolella & Vasconcelos (2004) para o cálculo do balanço hídrico climático. Esta planilha usa informações meteorológicas

como temperatura média, umidade relativa, velocidade e direção do vento, precipitação e luz do sol e estimativa de parâmetros como radiação solar no topo da atmosfera (R_a), ondas curtas (R_{ns}) e radiação de ondas longas (R_b) e radiação líquida (R_n), utilizada em algumas metodologias com o objetivo de estimar a evapotranspiração potencial (EPT).

Para o cálculo do balanço hídrico pode ser utilizado os seguintes métodos para estimativa da evapotranspiração potencial: Thornthwaite; Hargreaves & Samani; Tanque Classe A; Penman-Monteith; Blaney & Criddle; e Makink. Estas seis alternativas permitem realizar estudos comparativos de forma a efetuar os cálculos com a metodologia mais ajustada e representativa para a região de estudo. Os métodos de cálculo de evapotranspiração empregados foram o de Thornthwaite, Hargreaves & Samani e Makink.

As Tabelas 1, 2 e 3 apresentam os coeficientes e procedimentos que foram utilizados na estimativa da geração de percolado, pelos métodos do Balanço Hídrico, Racional e Suíço.

Tabela 1. Parâmetros para estimativa do percolado pelo método do Balanço Hídrico.

Parâmetros	Modo de obtenção
Precipitação (P)	Boletins Pluviométricos, Normais Climatológicas de Precipitação (1980 - 2015), dados do Portal Hidroweb, da Agência Nacional de Águas (ANA, 2017).
Evaporação potencial (EP)	Dado obtido através de planilha eletrônica (Bhídrico).
Escoamento superficial (ES) $ES=C \cdot XP$	O coeficiente de escoamento C é obtido em função do tipo de solo e inclinação, neste trabalho foram utilizados 0.18 e 0.15 para meses secos e úmidos, respectivamente, com inclinação de 2.00 a 7.00%, levando-se em consideração solo arenoso.
Infiltração (I) $I - EP$	Obtido através da subtração da Precipitação pelo Escoamento Superficial. Diferença entre a água que infiltra e a que evapora.
Σ (NEG (I-EP))	Esse parâmetro é obtido somando-se os valores negativos de (I-EP).
Armazenamento de água no solo de cobertura (AS)	É o parâmetro de maior dificuldade de obtenção; é calculado fazendo-se o produto entre espessura de solo no caso desta pesquisa 0,6 m a disponibilidade de água 200mm/m que é em função do tipo de solo.
Varição no armazenamento de água no solo (ΔAS)	Dado pela diferença entre a água armazenada no solo, de um mês para o outro ($AS_n - AS_{n-1}$).
Evaporação real (ER)	Quando $(I - EP) > 0$ então $ER = EP$ Quando $(I - EP) < 0$ então $ER = [EP + (I - EP) - \Delta AS]$.
Percolação em mm (PER)	$PER = P - ES - AS - ER$
Vazão mensal em m^3/s dia (QM)	$QM = ((PER \times 37429) / 2,592.00) \times 3.60 \times 24$

Tabela 2. Parâmetros para estimativa do percolado pelo método Racional.

Parâmetros	Modo de obtenção
Precipitação (P)	Boletins Pluviométricos, Normais Climatológicas de Precipitação (1980 - 2015).
Evaporação potencial (EP)	Dado obtido através de planilha eletrônica.
Área de contribuição do aterro (A)	A=16260.75m ²
Número de segundos em um mês (t)	t=2592000s
Coefficiente de Escoamento superficial (C)	C=0,10 considerando aterro com cobertura de solo exposto, declividade entre 0 e 5.00% e textura de solo de um areno-argiloso.
Escoamento Superficial (ES) ES=PXC	Obtido multiplicando-se a precipitação pelo coeficiente de escoamento superficial.
Vazão em m ³ /dia (QM)	$QM = \{ [(P - ES - EP) \times A] / t \} \times 86.40$

Tabela 3. Parâmetros para estimativa do percolado pelo método Suíço.

Parâmetros	Modo de obtenção
Precipitação (P)	Boletins Pluviométricos, Normais Climatológicas de Precipitação (1980 - 2015).
Grau de Compactação (K)	De acordo com Scacabarossi e Périco (2014), o peso específico médio dos resíduos do Aterro de Boa Vista é de 2.90 kN/m ³ , sendo considerado aterro de fraca compactação. De acordo com Rocca (1981), para peso específico abaixo de 4.0 kN/m ³ , adota-se K = 0.25.
Área de contribuição do aterro (A)	A=460,000.00 m ²
Número de segundos em um mês (t)	t=2592000s
Vazão em m ³ /dia (QM)	$QM = [(P \times A \times K) / t] \times 86.40$

Resultados

Balanço hídrico climatológico

A Figura 6 apresenta o balanço hídrico obtido para os três métodos. Observa-se que o uso dos métodos de Thorntwaite (a) e Hargreaves & Samani (b) resultam em períodos de ocorrência de excedente hídrico semelhantes entre os meses de maio e primeira quinzena de agosto, bem como na aproximação de volumes deste excedente. O método Makkink (c) apresenta geração de excedente hídrico, e conseqüente produção de percolado distribuída em todos os meses do ano, com maiores excessos registrados nos meses de março a setembro.

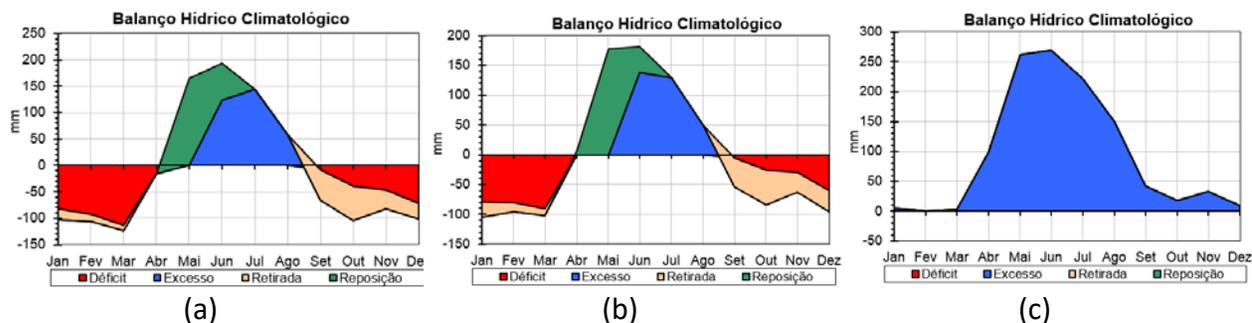


Figura 6. Balanco Hídrico utilizando: (a) Thorntwaite, (b) Hargreaves & Samani, (c) Makkink.

A planilha BHídrico possibilitou correlacionar os dados de precipitação com os de evapotranspiração com os dados disponíveis para a região do aterro. Com os dados obtidos, resumidos na Figura 7, tem-se que o método de evapotranspiração de Makkink foi o que apresentou os menores valores de evapotranspiração potencial, assim este pode ser o que vai apresentar maiores níveis de percolado nas análises.

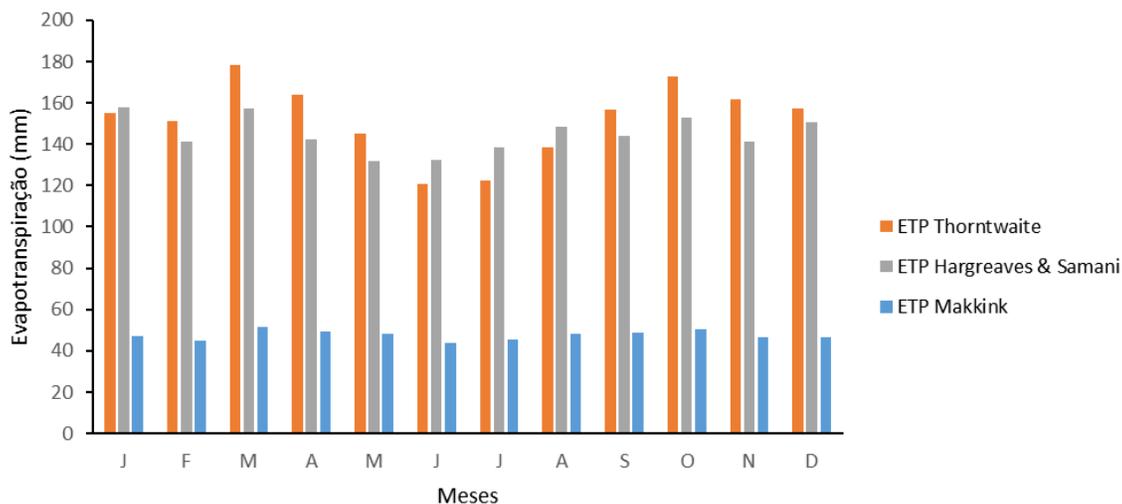


Figura 7. Gráfico comparativo dos valores de evapotranspiração.

Produção de percolado pelo método Suíço

A Figura 8 apresenta a quantidade de percolado obtida pelo método Suíço.

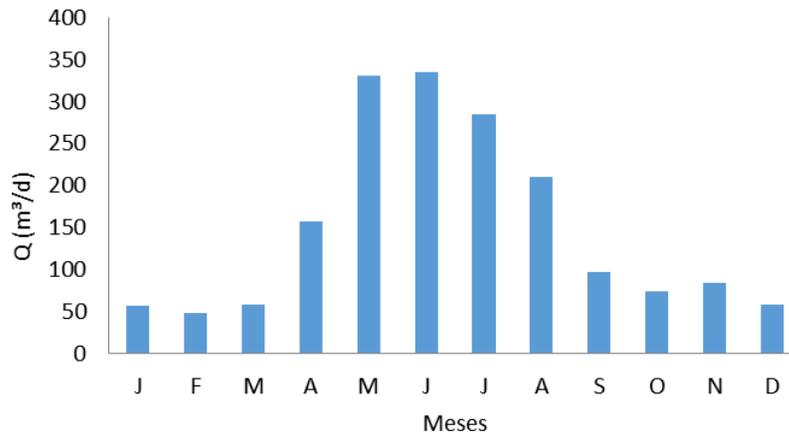


Figura 8. Produção de percolado pelo método Suíço ao longo de um ano.

Observa-se que ocorreu geração de percolado ao longo de todo ano, com valores maiores nos meses de excedente hídrico, que corresponde ao período de maio a agosto. Isso ocorre devido o método apenas correlacionar precipitação com a área de cobertura do aterro e o grau de compactação dos resíduos, não levando em consideração os valores de evapotranspiração, que é maior que precipitação nos outros meses.

Produção de percolado pelo Método Racional

A Figura 9 apresenta a vazão de percolado estimada, com dados de evapotranspiração estimados por Thorntwaite, Hargreaves & Samani e Makkink.

Observa-se para os dois primeiros métodos, que houve produção de percolado apenas nos meses de junho, julho e agosto. O método de Makkink apresentou um período de produção de percolado superior, que abrange os meses de abril a setembro, com pico no mês de junho, com 615.20 m³/d, o mesmo mês em que se apresenta pico nos métodos anteriores.

Na Figura 10 são apresentados os gráficos percolado/precipitação versus tempo. Observa-se que no mês de março a relação alcançou maior valor, indicando, para o método de Makkink 46.00% da precipitação gerou percolado. O mesmo foi observado para os outros métodos, com 21.50% e 17.90%, para Thorntwaite e Hargreaves & Samani, respectivamente.

Considerando o período de produção de percolado, para Makkink o mês de novembro tem a menor geração de percolado em função da precipitação com apenas 1.40%. Para Thorntwaite; Hargreaves & Samani, a menor geração de percolado ocorreu em julho, com 14.10% e 8.20%, respectivamente.

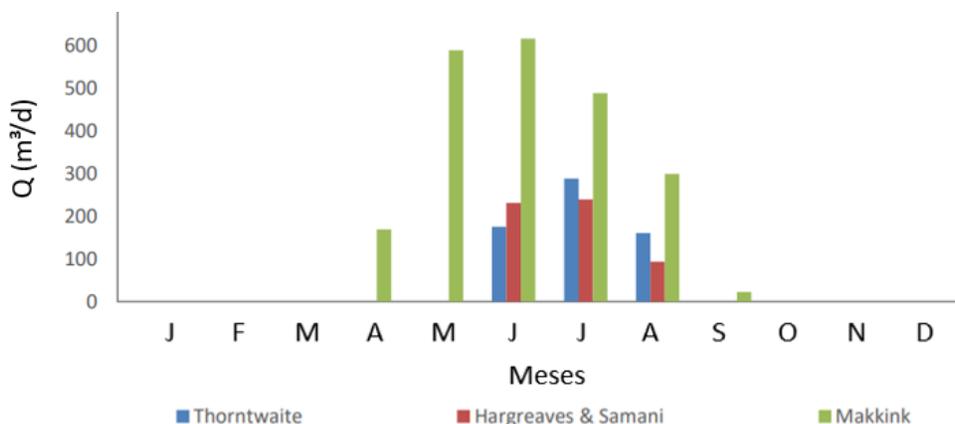


Figura 9. Produção de percolado pelo Método Racional (ET → Thorntwaite; Hargreaves & Samani; Makkink).

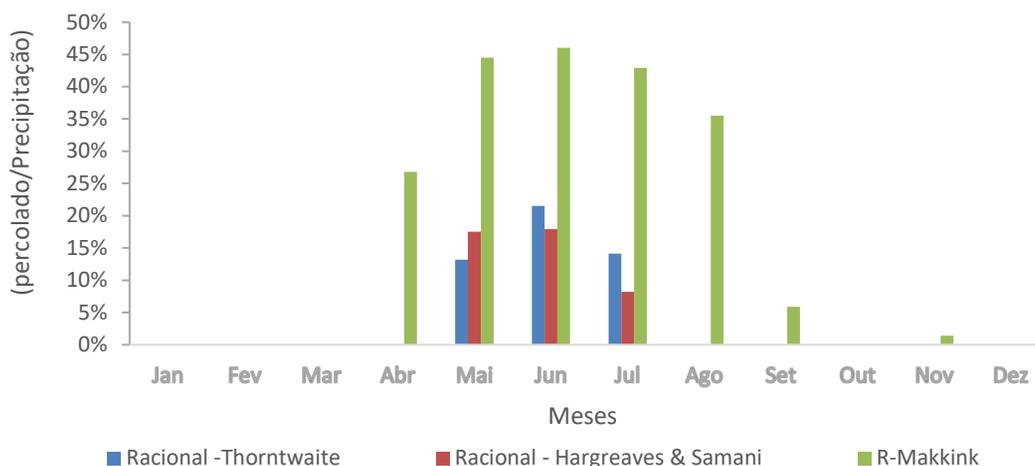


Figura 10. Percolado/Precipitação através do método racional (ET → Thorntwaite; Hargreaves & Samani; Makkink).

Produção de percolado pelo método do balanço hídrico

A Figura 11 apresenta os valores de percolado obtidos, com a evapotranspiração estimada pelos métodos de Thorntwaite, Hargreaves & Samani, e Makkink. Observa-se que a produção de percolado se dá apenas durante os meses onde ocorre excedente hídrico, ou seja, quando a precipitação supera os valores de evapotranspiração. Para os dois primeiros métodos, os meses de excedente hídrico correspondem ao período de maio a agosto, para o último, este ocorre de abril a novembro. Nota-se também que o método de Makkink apresentou maior produção de percolado do que os outros dois métodos. O pico da produção de percolado ocorre no mês de maior precipitação, ou seja, no mês de junho, com valor de 276.50 m³/d.

Na Figura 12, o gráfico percolado/precipitação versus tempo, indica que no mês de junho esta relação alcançou maior patamar: 20.10% para o método de Makkink, 12.90% para o método de Thorntwaite, e 11.90% para o método de Hargreaves & Samani. Já o mês de agosto tem-se a menor produção de percolado em função da precipitação com 3.30% e 1.80% para Thorntwaite e Hargreaves & Samani, respectivamente. Para Makkink a menor produção de percolado ocorre no mês de outubro com 2.10%.

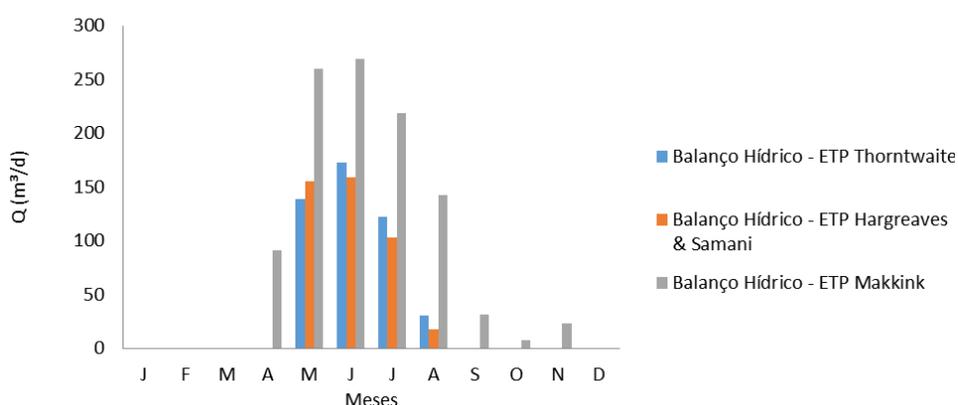


Figura 11. Produção de percolado pelo método do Balanço Hídrico (ET → Thorntwaite; Hargreaves & Samani; Makkink).

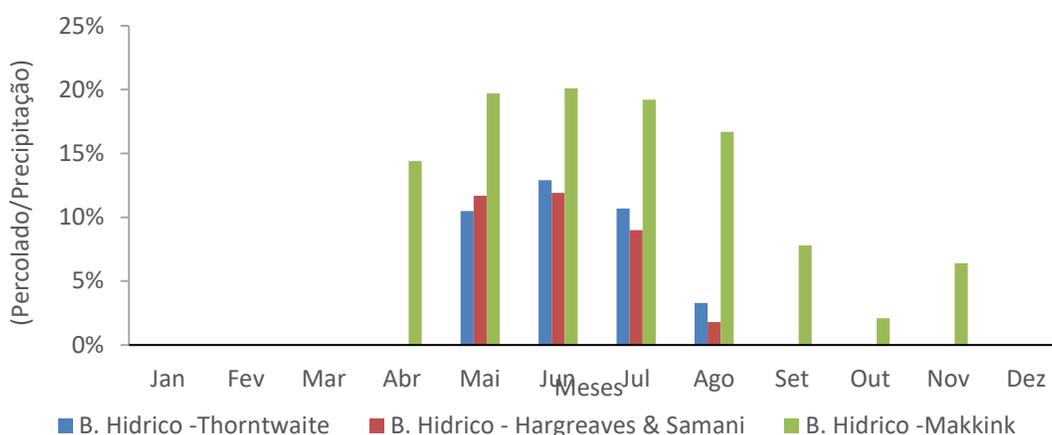


Figura 12. Percolado/Precipitação através do método do Balanço Hídrico (ET → Thorntwaite; Hargreaves & Samani; Makkink).

Comparação entre os métodos Balanço Hídrico, Racional e Suíço

A Figura 13 mostra o gráfico vazão de percolado versus tempo, onde se comparam todos os métodos estudados na geração do percolado. Observa-se que as vazões dos percolados estimados pelos Métodos do Balanço Hídrico e Racional, tornam-se nulos nos meses de déficit hídrico, enquanto no método Suíço a geração de percolado é distribuída durante todo o ano, mesmo que nos meses de déficit os valores de vazão sejam inferiores.

De todas as combinações apresentadas, nota-se um pico de produção no Método Racional utilizando o Método de Makkink, isso se explica pelo fato deste método ter apresentado valores consideravelmente inferiores de evapotranspiração. Junho foi o mês que houve o maior valor de produção, com valor de 615.20 m³/d, representando 46.00% do volume precipitado.

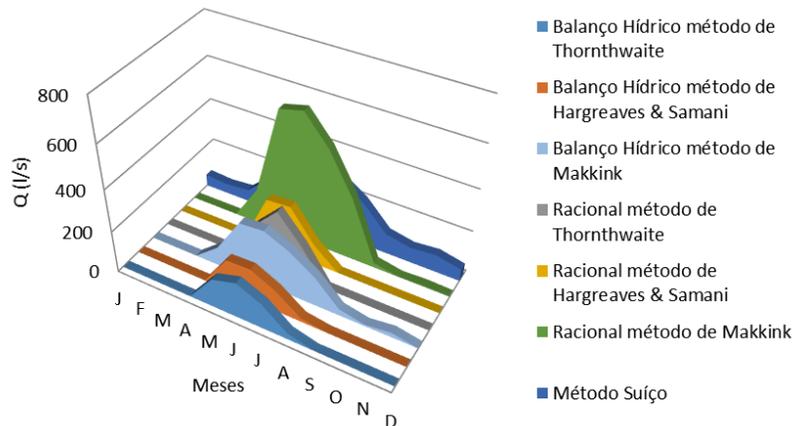


Figura 13. Gráfico comparativo entre os métodos Balanço Hídrico, Racional e Suíço.

Conclusões

Este trabalho utilizou-se dos métodos empíricos Balanço Hídrico, Suíço e Racional para a estimativa da produção de percolado do aterro de disposição de resíduos sólidos de Boa Vista-Roraima, considerando uma série histórica de 35 anos (1980 - 2015). Com base nos resultados obtidos, concluiu-se que:

Os métodos de Balanço Hídrico e Racional só geraram percolado nos meses de excedente hídrico, ou seja, quando a precipitação excede os valores de evapotranspiração. Os meses em que houve produção significativa de percolado foram os pertencentes ao período de maio a agosto, alcançando valor máximo de 615.20 m³/d, no mês de junho, o que representa 46.00% do volume precipitado na área do aterro.

No método suíço, conforme constatado por outros autores, a produção de percolado foi observada ao longo de todo o ano. Pois este método não considera em seus parâmetros de cálculo parcelas como evapotranspiração e escoamento superficial, correlacionando apenas precipitação, área de cobertura de aterro sanitário e coeficiente de escoamento superficial.

Além disso, a produção de percolado observada nos meses de déficit hídrico pode ser explicada, pela decomposição da matéria orgânica, pela umidade expulsa no solo ou resíduo, e pela redução da capacidade de campo da massa de resíduos e do solo em função dos constantes processos de compactação sofridas pelas massas, conforme relatado por Lins (2003).

Referências

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas (1992) *NBR 8419: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos*. Rio de Janeiro.
- ANA, Agência Nacional de Águas (2017) Portal Hidroweb. Acesso em 12 de janeiro de 2017, disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>
- Assis Brasil, L., Pires, B. H. V., Hayd, L. N. (2019) A realidade do aterro sanitário de Boa Vista Roraima: Relato de Experiência. *Mens Agitat*, **14**, 15-19.
- D'angiolella, G. L. B., Vasconcellos, V. L. D. (2004) Planilha eletrônica para cálculo do balanço hídrico climatológico normal utilizando diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial. *Revista Bahia Agrícola*, **6**(3), 14-16.
- Falcão, M. T., Buás, A. I. C., Pinheiro, M. N. M., Oliveira, S. K. S. (2012) Impactos ambientais no Igarapé Wai Grande em Boa Vista – Roraima decorrentes da influência do aterro sanitário. *Revista Geonorte*, **3**(4), 199-207.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2016) *Censo Demográfico*. Acesso em 12 de janeiro de 2017, disponível em: ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2016
- Lins, E. A. M., Jucá, J. A. T. (2003) A utilização de métodos empíricos para a estimativa do percolado gerado no aterro da Muribeca. In: *XXII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, Joinville.
- Lins, E. A. M. A. (2003) *Utilização da capacidade de campo na estimativa do percolado gerado no Aterro da Muribeca*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Pernambuco, 125 pp.
- Orth, M. H. A. (1981) Aterros Sanitários. *Revista de Limpeza Pública*, **8**(20), 26-34.
- Ribeiro, L. C., Nobrega, S. L., Faria, M. M. (2019) Precipitação estimada pelo satélite TRMM na região do Estado de Roraima, *XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. Santos, Brasil.
- Rocca, A. C. C. (1981) Drenagem subsuperficial em aterros sanitários. *Revista de Limpeza Pública*. São Paulo, **8**(19), 16-27.
- Scabarossi, H., Périco, E. (2014) Perspectiva e Desafios da coleta seletiva na Cidade de Boa Vista – RR, no contexto da Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei Federal no 12.305/2010. *Revista Geografia*, **23**(2), 49-69.
- Silva, A. F., Cruz, T. N. S., Nobrega, S. L., Filho, P. A. S., Antunes, A. F. N. R. (2015) Study of landfill leachate production through empirical methodologies: A case study of the Lajes site in northeastern Brazil. *Revista EJGE*, **20**(26), 1-19.
- Souza, L. S. B., Andrade, G. G. (2018) Resistividade no entorno do aterro sanitário municipal de Boa Vista, Roraima, Brasil: implicações ambientais. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*, **13**(3), 435-452.
- Tucci, C.E.M. (2004) *Hidrologia: ciência e aplicação*, 3a.ed., Porto Alegre: ABRH, 943 pp.